

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ**

**М А Т Е Р І А Л И**

**VIII НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**«ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ,  
СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»**



**9–10 грудня 2020 року**

**ТЕРНОПІЛЬ  
2020**

**ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕМАТИКИ І ДИНАМІКИ ДЕБАЛАНСУ  
ІНЕРЦІЙНОГО МОДУЛЯ**

UDC 621.833.6

М. Mykhailyshyn, V. Mykhailyshyn, P. Stukhlyak, V. Karetin, A. Kurko

**STUDY OF THE KINEMATICS AND DYNAMICS OF THE UNBALANCE OF  
THE INERTIAL MODULE**

Для теоретичного дослідження впливу кінематичних характеристик дебаланса на силові параметри інерційного модуля складено розрахункову схему інерційного модуля (рис. 1.), де  $OC = OO_1 = r$  – висота початкових конусів сателіта і опорного колеса вихідної ланки;  $KC = h$  – відстань від площини основи початкового конуса сателіта до дебаланса;  $KM = \rho$  – радіус центру маси дебаланса відносно осі сателіта;  $AO = l$  – відстань від центральної осі  $Ax$  до вершин початкових конусів конічних коліс.

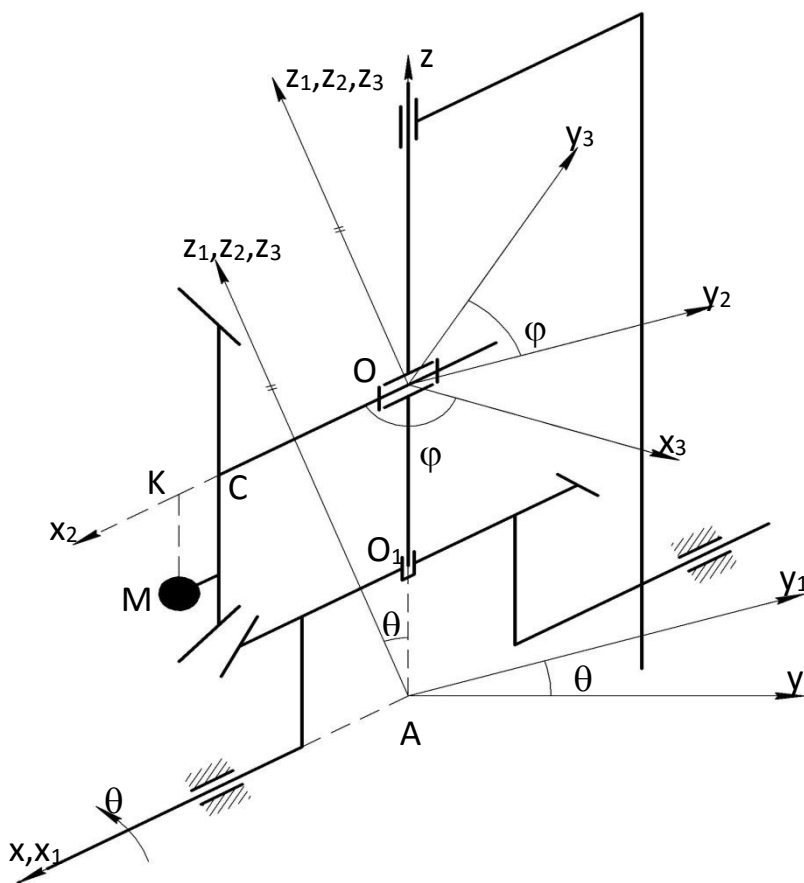


Рисунок 1. Розрахункова схема інерційного модуля

Для визначення координат дебаланса введено нерухому систему координат  $Axyz$  так, що вісь  $Ax$  співпадає з центральною віссю механізму. Рухома система координат  $Ax_1y_1z_1$  зв'язана з інерційним модулем так, що осі  $Ax$  та  $Ax_1$  суміщені, а з віссю  $Az_1$  суміщена вісь початкового

конуса опорного колеса вихідної ланки. Система координат  $Ox_2y_2z_2$  утворена перенесенням системи  $Ax_1y_1z_1$  вздовж осі  $z_1$  на відстань  $l$  так, що початок  $O$  співпадає з вершинами початкових конусів конічних коліс, а вісь  $x_2$  паралельна до осей  $Ax$  та  $Ax_1$ . Система координат  $Ox_3y_3z_3$  введена так, що початок  $O$  співпадає з вершинами конічних коліс, а площина  $Ox_3y_3$  суміщена з площиною  $Ox_2y_2$ . В початковий момент часу площини  $xAz$ ,  $xAz_1$ ,  $x_2Oz_2$  і  $x_3Az_3$  суміщені (рис. 1.).

В довільний момент часу  $t$  вісь конічного колеса повернулася на кут  $\varphi = \omega t$  навколо осі  $z_3$ . Координати дебалансу відносно осей  $Ox_3y_3z_3$  стануть рівними:

$$\begin{aligned}x_3 &= r + h; \\y_3 &= -\rho \sin \varphi; \\z_3 &= r - \rho \cos \varphi;\end{aligned}$$

Для визначення координат дебалансу в довільний момент часу у системі координат  $Ox_2y_2z_2$  необхідно скласти матрицю  $A_{2,3}$  направляючих косинусів між осями  $Ox_3y_3z_3$  і  $Ox_2y_2z_2$ :

$$A_{2,3} = \begin{pmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi & 0 \\ \sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Отже координати дебаланса в системі координат  $Ox_2y_2z_2$  будуть:

$$\begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{pmatrix} = A_{2,3} \cdot \begin{pmatrix} x_3 \\ y_3 \\ z_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi & 0 \\ \sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} r + h \\ -\rho \sin \varphi \\ r - \rho \cos \varphi \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (r + h) \cos \varphi + \rho \sin^2 \varphi \\ (r + h) \sin \varphi - \rho \sin \varphi \cos \varphi \\ r - \rho \cos \varphi \end{pmatrix}.$$

Координати дебаланса в системі координат  $Ax_1y_1z_1$  такі:

$$x_1 = x_2; \quad y_1 = y_2; \quad z_1 = l + z_2;$$

Аналогічно, вводячи використовуючи матрицю направляючих косинусів  $A_{0,1}$ , знайдемо координати дебалансу в нерухомій системі координат:

$$\begin{cases} x = (r + h) \cos \varphi + \rho \sin^2 \varphi \\ y = (r + h - \rho \cos \varphi) \sin \varphi \cos \theta + (r + l - \rho \cos \varphi) \sin \theta; \\ z = -(r + h - \rho \cos \varphi) \sin \varphi \sin \theta + (r + l - \rho \cos \varphi) \cos \theta; \end{cases}$$

Покладаючи  $\varphi = \omega t$ ;  $\theta = \omega_1 t$  можемо знайти проекції швидкості та прискорення дебаланса на осі нерухомої системи координат. Для проекцій прискорень отримаємо:

$$\begin{aligned}\ddot{x} &= -\omega^2 \cos \omega t (r + h - 2\rho \cos \omega t) - 2\rho \omega^2 \sin^2 \omega t; \\ \ddot{y} &= C \cos \omega t \sin \omega t \cos \omega_1 t + 2\rho \omega \omega_1 \sin \omega_1 t \cos 2\omega t - (r + l) \omega_1^2 \sin \omega_1 t + A \cos \omega t \sin \omega_1 t + B \sin \omega t \cos \omega_1 t; \\ \ddot{z} &= -C \cos \omega t \sin \omega t \sin \omega_1 t + 2\rho \omega \omega_1 \cos \omega_1 t \cos 2\omega t - (r + l) \omega_1^2 \cos \omega_1 t + A \cos \omega t \cos \omega_1 t - B \sin \omega t \sin \omega_1 t.\end{aligned}$$

Отримані формули дозволяють визначити моменти сил інерції дебаланса відносно нерухомої осі  $Ax$ , які приводять в рух інерційний модуль.

<b>П. Німців, В. Никитюк</b> МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ ГЕНЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ВІТРОГЕНЕРАТОРОМ ДЛЯ КОМП'ЮТЕРНО- ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ <b>P. Nimitsiv, V. Nykytyuk</b> MATHEMATICAL MODEL FOR FORECASTING ELECTRICITY GENERATION BY A WIND TURBINE FOR A COMPUTER INFORMATION SYSTEM	13
<b>Ю. Охман, М. Бондючний, І. Дедів</b> МЕТОД ФІЛЬТРАЦІЇ АНАЛОГОВИХ СИГНАЛІВ ІЗ НИЗЬКИМ СПІВВІДНОШЕННЯМ СИГНАЛ/ШУМ <b>Yu. Okhman, M. Bondyuchnyy, I. Dediv</b> METHOD OF FILTRATION OF ANALOG SIGNALS WITH LOW SIGNAL/NOISE RATIO	14
<b>В. Паньків</b> МОДЕЛЮВАННЯ ТОВЩИНИ СТРУЖКИ ПРИ ФРЕЗЕРУВАННІ <b>V. Pankiv</b> MODELING OF CHIPBOARD THICKNESS DURING MILLING	15
<b>А. Фот, В. Ясків, А. Марценюк</b> КАНАЛ ПЕРЕДАЧІ МУЛЬТИМЕДІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ НА БАЗІ РАДІО ТА ЛАЗЕРНОЇ ТЕХНОЛОГІЙ <b>A. Fot, V. Yaskiv, A. Marcenjuk</b> TRANSMISSION CHANNEL MULTIMEDIA INFORMATION BASED ON RADIO AND LASER TECHNOLOGIES	16
<b>Н. Гащин, Г. Семенишин, Н. Крива</b> ОХОЛОДЖЕННЯ ДИСКА ПРИ ПОСАДЦІ НА ВАЛ <b>N. Hashchyn, H. Semenyshyn, N. Kryva</b> DISC COOLING ON THE SHAFT	18
<b>Ю. Гладь, Б. Хоміцький</b> СТАБІЛІЗАЦІЯ ШВИДКОСТІ ПЕРЕМІЩЕННЯ ВАНТАЖУ РОЛИКОВИМ КОНВЕЄРОМ <b>Yu. Hlado, B. Khomitsky</b> STABILIZATION OF LOAD SPEED ON ROLLER CONVEYOR	19
<b>М. Михайлишин, В. Михайлишин, П. Стухляк, В. Каретін, А. Курко</b> ДИНАМІКИ ДЕБАЛАНСУ ІНЕРЦІЙНОГО МОДУЛЯ <b>M. Mykhailyshyn, V. Mykhailyshyn, P. Stukhlyak, V. Karetin, A. Kurko</b> STUDY OF THE KINEMATICS AND DYNAMICS OF THE UNBALANCE OF THE INERTIAL MODULE	20
<b>СЕКЦІЯ 2. ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ</b>	
<b>Р. Бас</b> ІШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В TELEGRAM BOT З АВТОМАТИЗАЦІЄЮ ЙОГО ФУНКЦІЙ <b>R. Bas</b> ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN TELEGRAM BOT WITH AUTOMATION OF ITS FUNCTIONS	22
<b>Р. Бас</b> РОЗРОБКА І РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЕКТУ TELEGRAM BOT <b>R. Bas</b> DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF THE TELEGRAM BOT PROJECT	23